

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 42 30 510 C 1

21 Aktenzeichen: P 42 30 510.1-32
22 Anmeldetag: 11. 9. 92
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 2. 9. 93

51 Int. Cl.⁵:
H 02 M 1/08
H 02 M 7/48
H 03 K 17/56
H 01 L 23/44
H 05 K 7/20

DE 42 30 510 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Gründl und Hoffmann Gesellschaft für
elektrotechnische Entwicklungen mbH, 82319
Starnberg, DE

74 Vertreter:

Schmidt, S., Dipl.-Ing. Univ., Pat.-Ass., 8000
München

72 Erfinder:

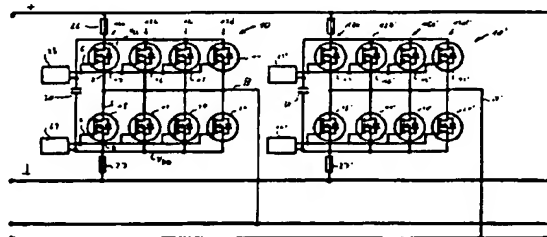
Gründl, Andreas, Dr., 8000 München, DE; Hoffmann,
Bernhard, Dipl.-Ing., 8130 Starnberg, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 40 27 969 C1
US 51 32 896

64 Halbbrückenordnung

57 Halbbrückenordnung zum Schalten elektrischer Leistungen, bei der wenigstens zwei Halbleiterschalter (14, 21; 15, 20; 16, 19; 17, 18) unter Bildung einer Halbbrücke (12a; 12b; 12c; 12d) in Serie geschaltet sind; jeder Halbleiterschalter (14, 21; 15, 20; 16, 19; 17, 18) einen Steuereingang (G) aufweist, der mit einer Ansteuereinrichtung (23, 24) verbunden ist; jeder erste Halbleiterschalter (14; 15; 16; 17) mit seinem Source-Anschluß (S) auf einem hohen Spannungspotential (V_{SS}) liegt; jeder zweite Halbleiterschalter (18; 19; 20; 21) mit seinem Drain-Anschluß (D) auf einem niedrigen Spannungspotential (V_{DD}) liegt; zur Bildung eines Ausgangsanschlusses (A) der Drain-Anschluß (D) jedes ersten Halbleiterschalters (14; 15; 16; 17) mit dem Source-Anschluß (S) jedes jeweiligen zweiten Halbleiterschalters (18; 19; 20; 21) verbunden ist; und wenigstens eine Kondensatoranordnung (30) zwischen dem hohen und dem niedrigen Spannungspotential (V_{SS} , V_{DD}) angeordnet ist. Hierbei steuert die Ansteuereinrichtung (23, 24) die Halbleiterschalter (14, 21; 15, 20; 16, 19; 17, 18) mit einem Steuersignal von mehr als 20 kHz Schaltfrequenz an; ist die Kondensatoranordnung (20) durch wenigstens einen Flächenkondensator (30a) an einer die Halbleiterschalter (14, 21; 15, 20; 16, 19; 17, 18) tragenden Platine (33) und/oder durch wenigstens einen als Hohlwickel (40) geformten Wickelkondensator (30b) gebildet; sind die Halbleiterschalter (14, 21; 15, 20; 16, 19; 17, 18) in dem als Hohlwickel ...



DE 42 30 510 C 1

BEST AVAILABLE COPY

Die Erfindung betrifft eine Halbbrückenordnung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 (DE 40 27 969 C1).

Derartige Halbbrückenordnungen sind zur Bildung von Wechselrichtern für die unterschiedlichsten Anwendungsbereiche, z. B. zur Speisung von Drehfeldmaschinen, Permanentmagnetmotoren und dergl. im Einsatz.

Allerdings besteht hier das Problem, daß die Leistungsdichte, d. h. die abgegebene Leistung bezogen auf das Volumen der Anordnung bei den herkömmlichen Anordnungen relativ gering ist. Außerdem ist das Gewicht der herkömmlichen Anordnungen relativ hoch.

Aus der US-PS 51 32 896 ist eine Wechselrichteranordnung bekannt, die zur Verringerung der Wirkung verteilter Induktivitäten der Leiter, die zum Verbinden der Kondensatoren und der Halbleiterschalter verwendet werden, plattenförmige Zuleitungen mit großer Fläche aufweist. Dadurch werden große Dämpfungskondensatoren zur Kompensation der Leitungsinduktivitäten vermieden. Außerdem kann durch die großflächige Gestaltung der plattenförmigen Zuleitungen die Wärmeabstrahlung verbessert werden. Des weiteren sind die plattenförmigen Zuleitungen so gestaltet, daß die Größe und die Richtung des Stromflusses durch die plattenförmigen Zuleitungen die Wirkung der verteilten Induktivitäten minimieren.

Allerdings dienen bei dieser Wechselrichteranordnung die großflächigen Zuleitungen lediglich der Minderung von Störinduktivitäten und sind als Zuleitungen zu großen Elektrolytkondensatoren eingesetzt.

Um diese Nachteile zu überwinden, ist die eingangs beschriebene Halbbrückenordnung gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 ausgebildet.

Durch die hohe Schaltfrequenz ist es möglich, mit kleineren Kapazitäten in der Kondensatoranordnung auszukommen, als dies bei herkömmlichen Halbbrücken der Fall ist. Bei der erfindungsgemäßen Anordnung nimmt die Kondensatoranordnung etwa 3% des Volumens ein, das bei herkömmlichen Halbbrückenordnungen erforderlich ist. Angesichts der Tatsache, daß die Kondensatoren bei herkömmlichen Halbbrückenordnungen etwa 40% des Gesamtvolumens ausmachen, ist dies eine erhebliche Verringerung des Volumens. Außerdem sind bei herkömmlichen Halbbrückenordnungen die Kondensatoren als Elektrolytkondensatoren ausgebildet, was einerseits zur Verringerung der Lebensdauer und andererseits dazu führt, daß ein Einsatz im Ex-Bereich nicht möglich ist.

Außerdem erlaubt die hohe Schaltfrequenz — vorzugsweise beträgt die Schaltfrequenz bis zu 100 kHz — eine präzisere Wahl des Kurvenverlaufs des entnommenen Stroms, so daß der Filteraufwand reduziert werden kann.

Da bei den hohen Schaltfrequenzen die Ausbildung der Zuleitungen auf den Platinen und in der Umhüllung als kapazitätsbehaftete Bauteile ausreicht, um die erforderlichen Kapazitätswerte für die Stützkondensatoren zu erzielen, sind die erforderlichen Kapazitäten sehr dicht an die Halbleiterschalter heranführbar, so daß ein optimaler Aufbau gewährleistet ist.

Weiterhin entfallen durch den kompakten Aufbau in dem einen Teil der Kondensatoranordnung bildenden Hohlwickel bzw. an der Platine, die Probleme im Zusammenhang mit Überspannungen beim Schaltvorgang weitgehend. Damit ist es möglich, die Bauteile bis an die

Grenze ihrer Spannungsfestigkeit zu betreiben.

Durch die Ausbildung der Umhüllung als Teil der Kondensatoranordnung, die die schaltenden Bauelemente umgibt, ist sowohl die Abstrahlung von Streufeldern minimiert, als auch die Einstrahlstörsicherheit maximiert.

Durch das verringerte Volumen ist es möglich, eine große Anzahl kleinbauender Halbleiterschalter zu verwenden, so daß die Kühlung der einzelnen Halbleiterschalter wegen der größeren Verteilung einfacher zu bewerkstelligen ist, als bei wenigen großbauenden Bauteilen.

Außerdem gestattet die Verwendung vieler kleiner Bauelemente ein asynchrones Schalten, wodurch eine bessere Ausnutzung der vorhandenen Kapazitäten ermöglicht ist.

Wegen der hohen Schaltfrequenzen ist es möglich, die leitungsgebundenen Störungen leichter herauszufiltern, so daß die Störschutzmaßnahmen weniger aufwendig sind, als beim Stand der Technik.

Vorteilhafte Weiterbildungen des Erfindungsgegenstandes sind Gegenstand der weiteren Ansprüche.

Da der kompakte Aufbau eine hohe Leistungsdichte und entsprechende Maßnahmen zur Kühlung erfordert, ist die gewählte Fluidkühlung einerseits zwar erforderlich, läßt aber andererseits auch die hermetische bzw. fluiddichte Kapselung der Anordnung zu, was selbst die höchsten Sicherheitsanforderungen erfüllt. In diesem Zusammenhang ist zu bemerken, daß ein kleines Volumen besser zu kapseln ist als ein großes Volumen, wie es bei Anordnungen nach dem Stand der Technik der Fall ist.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Halbleiterschalter durch schnellschaltende, verlustarme Feldeffekt-Transistoren (FETs) oder durch schnellschaltende, verlustarme bipolare Transistoren mit isoliertem Gateanschluß (IGBTs) gebildet. Dabei können insbesondere MOS-FETs mit integrierten Freilaufdioden oder mit (zusätzlichen) externen Freilaufdioden eingesetzt werden.

Zum einen sind diese Bauelemente ohne weiteres parallel schaltbar, um die jeweils gewünschten Belastbarkeiten hinsichtlich des Schaltstromes zu erzielen, und zum anderen ist die Ansteuerleistung gering, so daß die Ansteuerlektronik keine aufwendige Endstufen benötigt.

Durch die Verwendung vieler Halbleiterschalterelemente mit jeweils einer kleinen Schaltleistung, die jedoch einfach parallelschaltbar sind, kann eine gute Kühlung erreicht werden, da die vielen Einzelbauteile gut durch das Kühlmedium erreichbar sind.

Um eine einfach kaskadierbare Modulbauweise zu ermöglichen, und für einen besonders kompakten Aufbau ist es vorteilhaft, wenn auch die Ansteueranordnung im Innern des Hohlwickels angeordnet ist.

Um einen möglichst induktivitätsarmen und kapazitiven Aufbau der Zuleitungen und der Verdrahtung zu haben, und um eine möglichst hohe Kapazität in der Platinenanordnung unterzubringen, ist bei einer bevorzugten Ausführungsform die Platine als mehrlagige Platine ausgebildet, wobei zumindest eine erste leitende Schicht das hohe Spannungspotential führt; eine zweite leitende Schicht das niedrige Spannungspotential führt; und zwischen der ersten und der zweiten leitenden Schicht eine Isolierschicht angeordnet ist.

Damit stellt praktisch die gesamte Stromzuführung einen Kondensator dar, wobei durch geeignete Wahl hinsichtlich Spannungsfestigkeit und Dielektrizitätskon-

stante der Isolierschicht, die Kenngrößen der Kapazität für eine vorbestimmte Fläche der Platine festlegbar sind.

Um ggf. eine hohe Kapazität der als Stützkondensator wirkenden Kondensatoranordnung zu erzielen, ist zusätzlich der Hohlwickel mehrschichtig ausgebildet, wobei zumindest eine erste leitende Schicht das hohe Spannungspotential führt; zumindest eine zweite leitende Schicht das niedrige Spannungspotential führt; und zwischen der ersten und der zweiten leitenden Schicht eine Isolierschicht angeordnet ist. Hierbei gilt hinsichtlich der Kapazität das gleiche wie für die Platine. Allerdings kann durch einfaches Mehrfachwickeln der einzelnen Lagen die Kapazität fast beliebig erhöht werden.

Um bei Halbbrückenanordnungen für Mehrphasenbetrieb, oder bei mehreren parallel geschalteten Anordnungen die Baugruppen auf den einzelnen Platinen voneinander hinreichend zu entkoppeln, ist es vorteilhaft, wenn der Hohlwickel mehrere Anordnungen bestehend aus ersten und zweiten Lagen, sowie Isolierschichten aufweist, wobei die einzelnen Anordnungen an der Innenseite des Hohlwickels in Umfangsrichtung so versetzt auslaufen, daß Bereiche der einzelnen ersten und zweiten leitenden Schichten sowie isolierte Anschlußstreifen freiliegen.

Auf diese Weise können einzelne gleich aufgebaute Platinen übereinander gestapelt in den Hohlwickel eingeschoben werden, und durch jeweils geringfügig verdrehte Anschlußstellen an den Platinen mit den jeweiligen isolierten Leiterstreifen an der Innenseite des Hohlwickels in Kontakt kommen.

Um Spannungsdurchschläge zwischen den einzelnen Kondensatoranordnungen zu vermeiden, und auch um die einzelnen Kondensatoren voneinander besser zu entkoppeln, sind bevorzugt die einzelnen Anordnungen bestehend aus den ersten und zweiten Lagen sowie aus der Isolierschicht so übereinander geschichtet, daß jeweils die erste bzw. zweite leitende Schicht einer Anordnung der ersten bzw. zweiten leitenden Schicht einer weiteren Anordnung benachbart ist, und zwischen den einzelnen Anordnungen eine dünne Isolierlage angeordnet ist. Damit ist keine Potentialdifferenz zwischen den einzelnen Anordnungen vorhanden, so daß nur geringe Anforderungen an die Isolierlage zu stellen sind.

Bevorzugt ist die erste leitende Schicht eine Kupferschicht mit wenigstens $35\mu\text{m}$ — $70\mu\text{m}$ Dicke; die zweite leitende Schicht eine Kupferschicht mit wenigstens $35\mu\text{m}$ — $70\mu\text{m}$ Dicke; und die Isolierschicht eine Kunststoffschicht mit wenigstens 10 — $20\mu\text{m}$ Dicke aus Kapton. Abhängig von der geforderten Kapazität und Spannungsfestigkeit sind jedoch auch andere Abmessungen oder Materialien möglich.

Um Vollbrückenanordnungen oder andere Schaltungen zu realisieren, oder um Halbbrückenanordnungen mit besonders hoher Schaltleistung bereitzustellen, sind mit Vorteil im Innern des Hohlwickels mehrere Platinen mit Halbbrücken in axialem Abstand angeordnet, bei denen Anschlüsse der einzelnen Platinen für das hohe und das niedrige Spannungspotential bzw. für die jeweilige Kondensatoranordnung, bzw. für Steueranschlüsse und Ausgangsanschlüsse am Umfang der einzelnen Platinen so angeordnet sind, daß sie die freiliegenden Bereiche der einzelnen ersten und zweiten leitenden Schichten bzw. isolierte Leiterstreifen kontaktieren.

Dieser Aufbau erlaubt eine Modularisierung der einzelnen Platinen, und lediglich die Verschaltung außerhalb des Hohlwickels bestimmt die Schaltleistung bzw. die Schaltung als Ganzes.

Um Sicherheitsanforderungen gerecht zu werden, die z. B. in der Bergwerkstechnik oder in anderen gefährdeten Bereichen herrschen, ist es vorteilhaft, wenn der Hohlwickel eine Ummantelung aufweist, so daß die Gesamtanordnung bis etwa 15 bar druckfest ausgebildet ist. Damit kann ein im Innern des Hohlwickels auftretender Schaden nicht nach außen dringen.

Dies gilt insbesondere, wenn die Flüssigkeitskühlung als Siedebadkühlung mit einem flüssigen Fluorkohlenwasserstoff ausgebildet ist, wobei der Druck im Innern des Hohlwickels zwischen 50 mbar und 3 bar, und die Temperaturdifferenz zwischen den Halbleiterschaltern und der den Hohlwickel umgebenden Atmosphäre etwa 10°C beträgt. In diesem Zusammenhang wirkt der flüssige Fluorkohlenwasserstoff, welcher die Halbleiterschalter umspült, auch als Abdichtung der Halbleiter gegenüber der Umgebungsatmosphäre, was zur Folge hat, daß herkömmliche Bauteile, die lediglich kunststoffummantelt sind, eine Lebensdauer haben, die mit der von hermetisch dichten MIL-Bauteilen vergleichbar ist.

Obwohl Fluorkohlenwasserstoff als Kühlmittel relativ umweltverträglich sind, ist ihr Einsatz aufgrund des hohen Preises bisher kaum üblich. Da bei der kompakten Anordnung gemäß der Erfindung lediglich kleine Mengen erforderlich sind, spielt der Preis des Fluorkohlenwasserstoffs keine so große Rolle.

Durch die druckfeste Abdichtung des Hohlwickels kann die Siedekühlung entlang der Dampfdruckkurve des Fluorkohlenwasserstoffs erfolgen. Dies hat zur Folge, daß bereits geringfügige Temperatursteigerungen an den Halbleiterschaltern das Einsetzen der Kühlung bewirken.

Damit die Halbleiterschalter bei möglichst niedriger Temperatur gehalten werden, weist die Siedebadkühlung einen Rückkühlwärmetauscher auf, der über an der Außenfläche des Hohlwickels angeordnete Konvektionskühleinrichtungen Verlustwärme aus dem Innern des Hohlwickels abführt.

In der Zeichnung ist eine bevorzugte Ausführungsform des Erfindungsgegenstandes veranschaulicht. Es zeigen:

Fig. 1 einen elektrischen Schaltplan eines einphasigen Wechselrichters mit zwei Halbbrückenanordnungen;

Fig. 2a eine Platine, die die Halbbrückenanordnungen trägt, in einer teilweisen schematischen Querschnittsdarstellung,

Fig. 2b einen Hohlwickel in einer längsgeschnittenen schematischen Teilansicht; und

Fig. 3 eine Halbbrückenanordnung mit mehreren Platinen in einem Hohlwickel in einem schematischen Längsschnitt.

Fig. 1 zeigt als ein Anwendungsbeispiel für die erfindungsgemäße Halbbrückenanordnung einen einphasigen Wechselrichter mit zwei Halbbrückenanordnungen 10, 10', deren Aufbau identisch ist. Daher wird im folgenden nur eine der beiden Halbbrückenanordnungen im Detail erläutert, wobei die andere Halbbrückenanordnung mit gleichen Bezugszeichen mit Apostroph bezeichnet ist.

Die Halbbrückenanordnung 10 weist vier parallel geschaltete Paare 12a, 12b, 12c, 12d von N-Kanal MOSFETs auf, die als Halbleiterschalter wirken. Jeweils zwei der N-Kanal MOSFETs 14, 21; 15, 20; 16, 19; 17, 18, die jeweils ein Paar bilden, sind in Serie geschaltet, so daß jeweils der erste N-Kanal MOSFET 14; 15; 16; 17 jedes Paares mit seinem Source-Anschluß auf einem hohen Spannungspotential V_{SS} liegt, und jeder zweite N-Kanal MOSFET 21; 20; 19; 18 jedes Paares mit seinem Drain-

Anschluß auf einem niedrigen Spannungspotential V_{DD} liegt. Dabei ist zur Bildung eines Ausgangsanschlusses A der Drain-Anschluß jedes der ersten N-Kanal MOSFETs 14; 15; 16; 17 mit dem Source-Anschluß jedes der zweiten N-Kanal MOSFETs 21; 20; 19; 18 verbunden. Jeweils eine Ansteuereinrichtung 23, 24 für die Gruppe der ersten N-Kanal MOSFETs 14; 15; 16; 17 bzw. der Gruppe der zweiten N-Kanal MOSFETs 21; 20; 19; 18 ist mit den parallel geschalteten Steuereingängen jeder Gruppe der ersten und zweiten N-Kanal MOSFETs verbunden. Die Zuführungen des hohen und des niedrigen Spannungspotentials (V_{SS} und V_{DD}) zu den Source- bzw. Drainanschlüssen der N-Kanal MOSFETs sind jeweils durch eine Sicherung 26, 27 abgesichert.

Zwischen dem hohen und dem niedrigen Spannungspotential V_{SS} und V_{DD} ist ein Kondensator 30 angeordnet, der als Stützkondensator wirkt. Die konkrete Ausführung des Kondensators 30 ist weiter unten beschrieben. Jede Ansteuereinrichtung 23, 24 steuert die jeweilige Gruppe der N-Kanal MOSFETs mit einem Steuersignal von mehr als 20 kHz Schaltfrequenz an. Vorzugsweise beträgt die Schaltfrequenz bis zu 100 kHz.

Wie in der Fig. 2a veranschaulicht, ist die Kondensatoranordnung 30 zum einen durch wenigstens einen Flächenkondensator 30a an einer der MOSFETs tragenden Platine 33 gebildet. Dabei sind zwei 70 μm dicke Kupferschichten 34, 35 durch eine 10 μm — 20 μm dicke Isolierschicht 36 aus Kapton voneinander getrennt. Die Kupferschichten 34, 35 liegen auf hohem bzw. niedrigem Spannungspotential V_{SS} und V_{DD} .

Zum anderen ist, wie in Fig. 2b und in Fig. 3 veranschaulicht, die Kondensatoranordnung 30 durch einen als Hohlwickel 40 geformten Wickelkondensator 30b gebildet. Wegen einer besseren Anschaulichkeit ist für jede Kondensatoranordnung 30b nur eine Lage gezeigt, und insgesamt sind nur zwei Lagen veranschaulicht. Allerdings sind tatsächlich für jede Kondensatoranordnung mehrere Lagen vorgesehen, und zu jeder Platine ist eine separate Kondensatoranordnung 30b zugeordnet.

Der Hohlwickel 40 ist im wesentlichen zylinderförmig gestaltet und besteht aus mehreren Lagen von Kupferschichten 34, 35 und jeweils einer Isolierschicht 36. Zur Erhöhung der Durchschlagsicherheit zwischen den einzelnen Kondensatoranordnungen und zur besseren Entkopplung sind dabei die einzelnen Anordnungen bestehend aus den Kupferschichten 34, 35 und jeweils einer Isolierschicht 36 so übereinander geschichtet, daß jeweils die erste bzw. zweite Kupferschicht 34, 35 einer Anordnung der ersten bzw. zweiten Kupferschicht 34', 35' einer weiteren Anordnung 34', 35', 36' benachbart ist. Zwischen den einzelnen Anordnungen 34, 35, 36; 34', 35', 36' ist eine dünne Isolierlage 39 angeordnet. Mit anderen Worten sind jeweils aneinander angrenzende Kondensatoranordnungen 30b, 30b' gegensinnig aneinanderliegend angeordnet.

Im Innern des als Hohlwickel 40 ausgebildeten Wickelkondensators 30b sind mehrere Platinen 33 mit einzelnen Halbleiteranordnungen übereinandergeschichtet.

Der Hohlwickel 40 ist an einem Ende fluiddicht mit einer konvexen Abdeckkappe 42 verschlossen, während er sich am anderen Ende flaschenförmig verjüngt, um in einem Ansatzstutzen 43 auszulaufen, an dem die Anschlüsse 44 für die Versorgungsspannungen, die Ausgangsleitungen, und die Steuerleitungen nach außen treten.

Um für jede der übereinandergeschichteten Platinen

33 einen separaten Kondensator 30b, einen separaten Ausgangsanschluß A, sowie entsprechende Steueranschlüsse bereitstellen zu können, die auf einfache Weise mit den Anschlüssen 44 verbunden werden können, ist der Aufbau des Hohlwickels 40 derart getroffen, daß die einzelnen Kupferschichten an der Innenseite des Hohlwickels 40 in Umfangsrichtung so versetzt auslaufen, daß Bereiche 34a, 35a, 34'a, 35'a der einzelnen ersten und zweiten Kupferschichten 34, 35, 34', 35', sowie isolierte Leiterstreifen 45 für die Ausgangsanschlüsse A freiliegen.

Entlang des Umfangs der kreisscheibenförmigen Platinen 33, deren Außendurchmesser dem Innendurchmesser des Hohlwickels 40 etwa entspricht, sind die Anschlüsse für das hohe und das niedrige Spannungspotential, für die jeweilige Kondensatoranordnung, bzw. für Steueranschlüsse und Ausgangsanschlüsse so angeordnet, daß sie die freiliegenden Bereiche 34a, 35a, 34'a, 35'a der einzelnen ersten und zweiten Kupferschichten, bzw. die isolierten Leiterstreifen 45 kontaktieren.

Der Hohlwickel weist eine Ummantelung 52 auf, so daß die Gesamtanordnung bis etwa 15 bar druckfest ausgebildet ist.

Das Innere des Hohlwickels ist mit einem flüssigen Fluorkohlenwasserstoff gefüllt, wobei die Flüssigkeit die Halbleiterschalter bedeckt. Dabei ist ein freier Raum zwischen dem Flüssigkeitsspiegel und der Abdeckung 42, so daß eine gasförmige Phase des Fluorkohlenwasserstoffs aus der flüssigen Phase austreten kann. Der Gasdruck in dem Hohlwickel 40 ist entsprechend der Gasdruckkurve des Fluorkohlenwasserstoffs zwischen 50 mbar und 3 bar so eingestellt, daß bereits bei geringfügiger Erwärmung der MOSFETs im Betrieb die flüssige Phase des Fluorkohlenwasserstoffs zu siedeln beginnt. So ist erreichbar, daß die Temperaturdifferenz zwischen den Halbleiterschaltern und der den Hohlwickel umgebenden Atmosphäre lediglich etwa 10°C beträgt.

Da der Hohlwickel 40 von außen durch Konvektionskühlung oder durch — lediglich schematisch veranschaulicht — Gebläsekühlung 50 gekühlt wird, kondensiert die Gasphase des Fluorkohlenwasserstoffs an der von außen gekühlten Innenwand des Hohlwickels und wird in flüssiger Form über eine nicht weiter veranschaulichte Pumpeinrichtung wieder dem flüssigen Fluorkohlenwasserstoff zugeführt, der die MOSFETs umgibt. Dieser Aufbau wirkt als Rückkühlwärmetauscher, der über an der Außenfläche des Hohlwickels 40 angeordnete Konvektionskühlvorrichtungen 55 Verlustwärme aus dem Innern des Hohlwickels 40 abführt.

In der Fig. 3 ist der Hohlwickel 40 stehend gezeigt, so daß der freie Raum über dem flüssigen Fluorkohlenwasserstoff für die Gasphase relativ gering ist, und auch der Bereich der Innenwand, an dem die Kondensation stattfinden kann, relativ klein ist. Daher kann es günstiger sein, den Hohlwickel liegend anzuordnen, und auch die Platinen entsprechend zu gestalten und zu bestücken, so daß ein Bereich der Zylinderwand frei ist, was bei bestimmten Verhältnissen von Füllhöhe, Länge und Durchmesser des Hohlwickels 40 zu einer größeren Kondensationsfläche führt.

Patentansprüche

1. Halbbrückenordnung zum Schalten elektrischer Leistungen, bei der
 - wenigstens zwei Halbleiterschalter (14, 21; 15, 20; 16, 19; 17, 18) unter Bildung einer Halb-

- brücke (12a; 12b; 12c; 12d) in Serie geschaltet sind;
 — jeder Halbleiterschalter (14, 21; 15, 20; 16, 19; 17, 18) einen Steuereingang (G) aufweist, der mit einer Ansteuereinrichtung (23, 24) verbunden ist;
 — jeder erste Halbleiterschalter (14; 15; 16; 17) mit seinem Source-Anschluß (S) auf einem hohen Spannungspotential (V_{SS}) liegt;
 — jeder zweite Halbleiterschalter (18; 19; 20; 21) mit seinem Drain-Anschluß (D) auf einem niedrigen Spannungspotential (V_{DD}) liegt,
 — zur Bildung eines Ausgangsanschlusses (A) der Drain-Anschluß (D) jedes ersten Halbleiterschalters (14; 15; 16; 17) mit dem Source-Anschluß (S) jedes jeweiligen zweiten Halbleiterschalters (18; 19; 20; 21) verbunden ist; und
 — wenigstens eine Kondensatoranordnung (30) zwischen dem hohen und dem niedrigen Spannungspotential (V_{SS} , V_{DD}) angeordnet ist;
 — die Ansteuereinrichtung (23, 24) die Halbleiterschalter (14, 21; 15, 20; 16, 19; 17, 18) mit einem Steuersignal von mehr als 20 kHz Schaltfrequenz ansteuert;
 dadurch gekennzeichnet, daß
 — die Kondensatoranordnung (30) durch wenigstens einen Flächenkondensator (30a) an einer der Halbleiterschalter (14, 21; 15, 20; 16, 19; 17, 18) tragenden Platine (33) und/oder durch wenigstens einen als Hohlwickel (40) geformten Wickelkondensator (30b) gebildet ist;
 — wobei die Halbleiterschalter (14, 21; 15, 20; 16, 19; 17, 18) in dem als Hohlwickel (40) gebildeten Wickelkondensator (30b) angeordnet sind; und
 — eine Fluidkühlung in dem Hohlwickel (40) vorgesehen ist.
2. Halbbrückenordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlwickel (40) fluiddicht verschlossen ist.
3. Halbbrückenordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiterschalter (14, 21; 15, 20; 16, 19; 17, 18) durch schnellschaltende, verlustarme Feldeffekt-Transistoren (FETs) oder durch schnellschaltende, verlustarme bipolare Transistoren mit isoliertem Gateanschluß (IGBTs) gebildet sind.
4. Halbbrückenordnung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Paare in Serie geschalteter Halbleiterschalter (14, 21; 15, 20; 16, 19; 17, 18) parallel geschaltet sind.
5. Halbbrückenordnung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiterschalter (14, 21; 15, 20; 16, 19; 17, 18) durch eine große Anzahl von einzelnen Halbleiterschalter-Bauelementen mit jeweils kleinen Schaltleistungen gebildet sind.
6. Halbbrückenordnung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jede Ansteuereinrichtung (23, 24) im Innern des Hohlwickels (40) angeordnet ist.
7. Halbbrückenordnung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
 — die Platine (33) als mehrlagige Platine ausgebildet ist, wobei zumindest
 — eine erste leitende Schicht (34) das hohe

- Spannungspotential führt;
 — eine zweite leitende Schicht (35) das niedrige Spannungspotential führt; und
 — zwischen der ersten und der zweiten leitenden Schicht (34, 35) eine Isolierschicht (36) angeordnet ist.
8. Halbbrückenordnung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
 — der Hohlwickel (40) mehrschichtig ausgebildet ist, wobei zumindest eine erste leitende Schicht (34) das hohe Spannungspotential führt;
 — zumindest eine zweite leitende Schicht (35) das niedrige Spannungspotential führt; und
 — zwischen der ersten und der zweiten leitenden Schicht (34, 35) eine Isolierschicht (36) angeordnet ist.
9. Halbbrückenordnung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
 — der Hohlwickel (40) mehrere Anordnungen bestehend aus ersten und zweiten Lagen (34, 35; 34', 35'), sowie Isolierschichten (36, 36') aufweist, wobei
 — die einzelnen Anordnungen an der Innenseite des Hohlwickels (40) in Umfangsrichtung so versetzt auslaufen, daß Bereiche (34a, 35a; 34'a, 35'a) der einzelnen ersten und zweiten leitenden Schichten (34, 35; 34', 35') sowie
 — isolierte Leiterstreifen (45) freiliegen.
10. Halbbrückenordnung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
 — die einzelnen Anordnungen bestehend aus den ersten und zweiten Lagen (34, 35; 34', 35') sowie aus der Isolierschicht (36; 36') so übereinander geschichtet sind, daß jeweils die erste bzw. zweite leitende Schicht (35) einer Anordnung der ersten bzw. zweiten leitenden Schicht (35') einer weiteren Anordnung benachbart ist, und
 — zwischen den einzelnen Anordnungen eine dünne Isolierlage (39) angeordnet ist.
11. Halbbrückenordnung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
 — die erste leitende Schicht (34; 34') eine Kupferschicht mit wenigstens 70 µm Dicke ist;
 — die zweite leitende Schicht (35, 35') eine Kupferschicht mit wenigstens 70 µm Dicke ist; und
 — die Isolierschicht (36; 36') eine Kunststoffschicht mit wenigstens 10 — 20 µm Dicke aus Kapton ist.
12. Halbbrückenordnung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
 — im Innern des Hohlwickels (40) mehrere Platinen (33) mit Halbbrücken (12; 12') in axialem Abstand angeordnet sind,
 — bei denen Anschlüsse der einzelnen Platinen für das hohe und das niedrige Spannungspotential bzw. für die jeweilige Kondensatoranordnung (30), bzw. für Steueranschlüsse und Ausgangsanschlüsse (A) am Umfang der einzelnen Platinen (33) so angeordnet sind, daß sie die freiliegenden Bereiche (34a, 35a; 34'a,

35'a) der einzelnen ersten und zweiten leitenden Schichten (34, 35; 34', 35') bzw. isolierte Leiterstreifen (45) kontaktieren.

13. Halbbrückenordnung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlwickel (40) eine Um-

mantelung (52) aufweist, so daß die Gesamtanordnung bis etwa 15 bar druckfest ausgebildet ist.

14. Halbbrückenordnung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß

— die Fluidkühlung als Siedebadkühlung mit einem flüssigen Fluorkohlenwasserstoff ausgebildet ist, wobei der Druck im Innern des Hohlwickels (40) zwischen 50 mbar und 3 bar, und

— die Temperaturdifferenz zwischen den Halbleiterschaltern (14, 21; 15, 20; 16, 19; 17, 18) und der den Hohlwickel (40) umgebenden Atmosphäre etwa 10°C beträgt.

15. Halbbrückenordnung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß

— die Siedebadkühlung einen Rückkühlwärmetauscher aufweist, der über

— an der Außenfläche des Hohlwickels (40) angeordnete Konvektionskühleinrichtungen (50) Verlustwärme aus dem Innern des Hohlwickels (40) abführt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

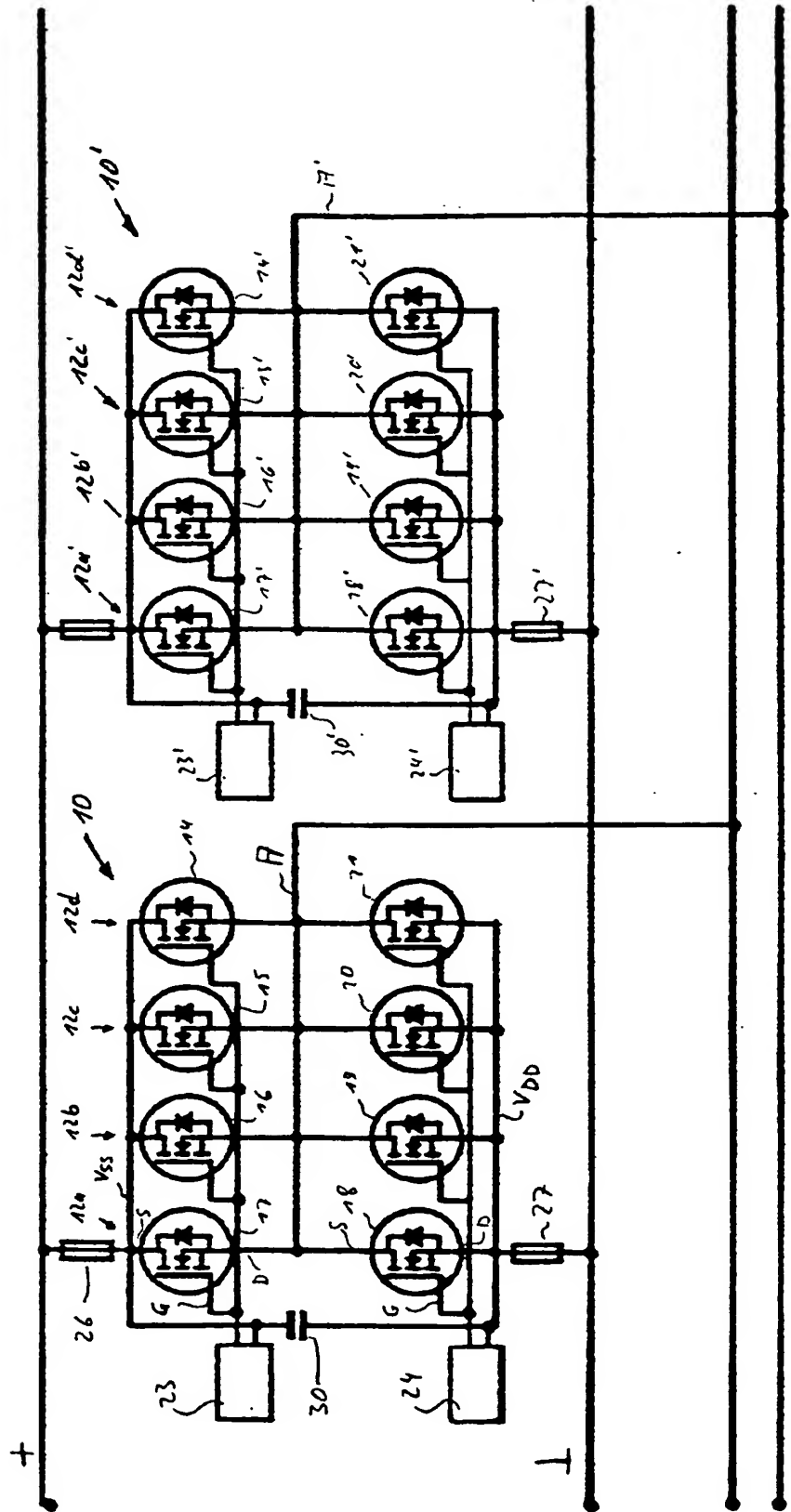


Fig. 1

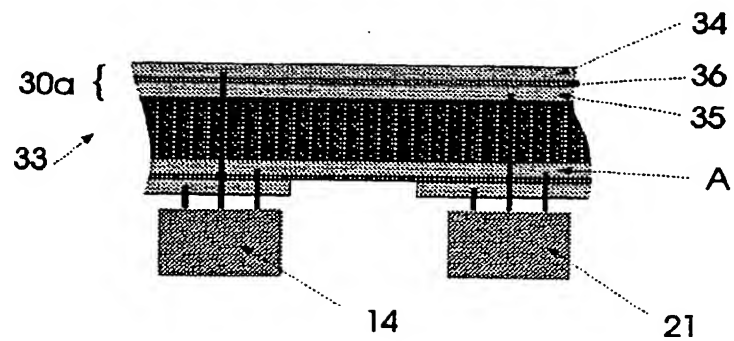


Fig. 2a

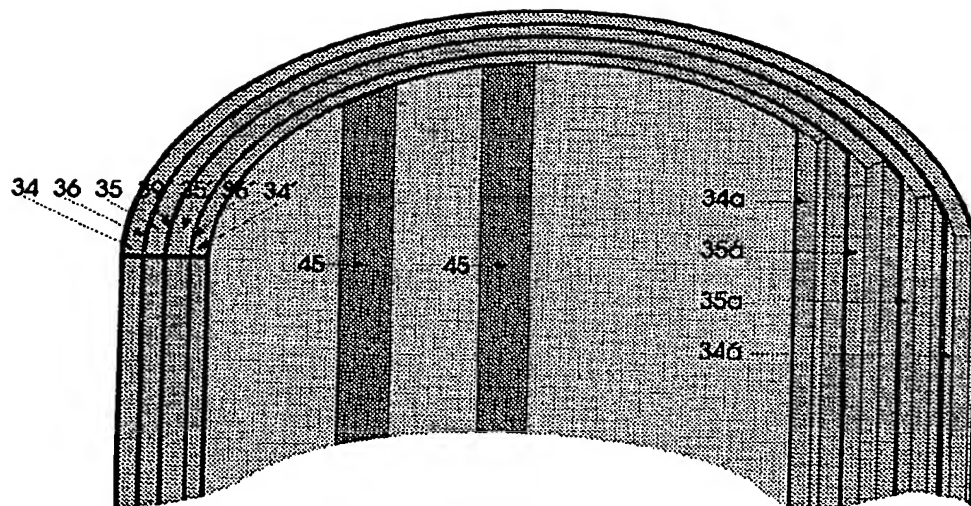


Fig. 2b

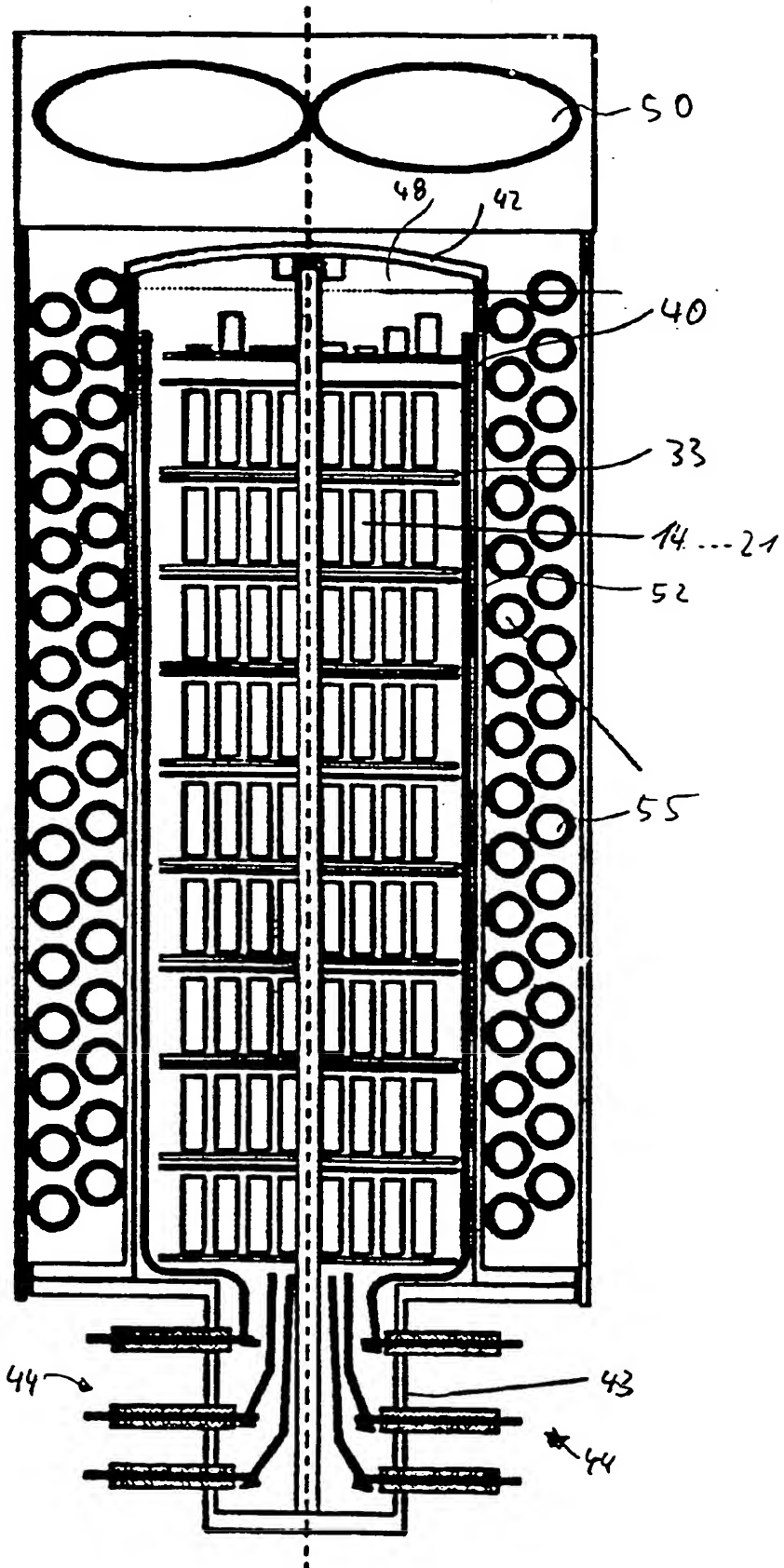


Fig. 3